

Avaliação de parâmetros físico-químicos em amostras de solos do campo de erosão da ESACB

Bartolomeu da Silva Imbeni

Orientadores

Orientadora: Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro

Co-orientadora: Mestre Marta Sofia Solipa Batista

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários do Curso Técnico Superior Profissional de Produção Agrícola, realizado sob orientação científica da professora adjunta Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro, da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Janeiro de 2020

Aos meus pais

Agradecimentos

É com grande satisfação que agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A realização deste trabalho não poderia ser possível sem o apoio incondicional de diversas pessoas que, direta ou indiretamente, me ajudaram nesta caminhada tão importante da minha vida pessoal e profissional.

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora Professora adjunta Maria do Carmo Horta, pela disponibilidade que sempre teve em me ajudar e por me ter aceite no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária.

Aqui presto também o meu agradecimento à Engenheira Marta Batista, por se mostrar sempre disponível para me ajudar e fazer com que eu concretizasse todas as minhas tarefas com sucesso. A sua sabedoria foi essencial para que chegasse ao fim deste trabalho com um enorme sentimento de satisfação. Foi um privilégio ser seu estagiário. Assim me despeço expressando o meu profundo agradecimento pela orientação e apoio incondicional que muito elevaram os meus conhecimentos científicos e, sem dúvida, muito estimulou a minha vontade de querer sempre saber mais e a vontade constante de querer fazer melhor.

Em particular gostaria de fazer um agradecimento sincero à Eng^a Ângela Antunes e à Eng^a Helena Martins por me terem ajudado, sempre com uma grande simpatia e profissionalismo.

Por fim, mas nunca em último, agradeço à minha família. Aos meus pais pelo esforço realizado, que permitiu que eu chegasse aqui, pelo seu constante apoio, incentivo e pelo seu amor. À minha irmã por me animar em todos os momentos. Aos meus avós que sempre me apoiaram.

Obrigado a todos

Cofinanciado por:

CENTRO 

 **PORTUGAL**
2020



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal adquirir competências na prática laboratorial, nomeadamente em amostras de solos. O trabalho decorreu no Laboratório de Solos e Fertilidade (LSF), da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, de 28 de janeiro a 31 de julho de 2019.

Durante este trabalho foram analisadas 18 amostras de solos, recolhidas no campo de erosão da ESACB, onde se encontra instalado um ensaio no âmbito do projeto Interreg - Symbiosis que tem como objetivos promover a gestão eficiente das explorações agropecuárias para as dotar de maior rentabilidade e competitividade, mediante a integração das duas atividades, agrícola e pecuária; e apostar do desenvolvimento e inovação tecnológicos. Foi ainda analisada uma amostra proveniente de Ga Mamudo na Guiné. Para isso, foram desenvolvidas diversas tarefas relacionadas com a avaliação da fertilidade dos solos em estudo, nomeadamente: colheita e recolha do solo, secagem e crivagem e realização das determinações analíticas nas referidas amostras.

No decorrer deste trabalho foram analisados diversos parâmetros físico-químicos em amostras de solos, nomeadamente: humidade; terra fina; pH (H₂O); condutividade elétrica; matéria orgânica; fósforo e potássio “assimiláveis; textura (de campo e classes de textura); azoto total; microelementos (Cobre, Ferro, Zinco e Manganês) e boro.

A realização dos diversos parâmetros permitiu concluir que os solos analisados no LSF apresentam diferentes classes de fertilidade podendo estes ser utilizados para a agricultura, mas sempre de uma forma sustentada e sendo sempre necessário efetuar um bom plano de fertilização e de gestão do solo.

Palavras-chave

Solo; Fertilidade; Gestão do solo; Fertilização.

Abstract

The main objective of this work was to acquire skills in laboratory practice, namely in analysis of soil samples. The work took place at the Laboratório de Solos e Fertilidade (LSF) of the Escola Superior Agrária de Castelo Branco, from January 28th to July 31st, 2019.

During this work were analyzed 18 soil samples, collected in the erosion field of ESACB, where is installed a trial under the Interreg - Symbiosis project that aims to promote the efficient management of farms to provide them with greater profitability and competitiveness, by integrating the two activities, agricultural and livestock; and bet on technological development and innovation.

It was analysed also one sample from Ga Mamudo in Guinea. For this, several tasks related to the fertility evaluation of the soils under study were developed, namely: harvesting and collecting the soil, drying and sieving and carrying out the analytical determinations in the referred samples.

During this work several physicochemical parameters were analyzed in soil samples, namely: moisture; amount of particles higher than 2 mm diameter; pH (H₂O); electric conductivity; organic matter; assimilable phosphorus and potassium; texture (field and texture classes); total nitrogen; microelements (Copper, Iron, Zinc and Manganese) and boron.

The results of the samples analysed in this work enable to concluded that this soils has different fertility classes and can be used for agriculture, but always in a sustained manner and it is always necessary to make a good fertilization and soil management plan.

Keywords

Soil; Fertility; Soil management; Fertilization.

Índice geral

1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Atividades desenvolvidas	2
3.1 Colheita, receção e preparação de amostra de solos	2
3.2 Material e reagentes	3
3.3 Parâmetros analisados	4
3.3.1 Terra fina	5
3.3.2 Humidade	6
3.3.3 Textura (de campo ou classes de textura)	6
3.3.4 Azoto total	8
3.3.5 pH (H ₂ O)	9
3.3.6 Condutividade elétrica	11
3.3.7 Matéria Orgânica	12
3.3.8 Fósforo e Potássio assimiláveis	14
3.3.9 Microelementos (Cobre, Ferro, Zinco e Manganês)	16
3.3.10 Boro	18
4. Resultados	18
4.1 Terra fina	19
4.2 Humidade	20
4.3 Textura	20
4.4 pH (H ₂ O) e CE	21
4.5 Matéria Orgânica	22
4.6 Fósforo e Potássio assimiláveis	23
4.7 Micro-elementos	24
4.8 Boro	25
5. Caracterização química de uma amostra de solo proveniente da Guiné	26
6. Considerações finais	27
Referências bibliográficas	28
Anexo	

Índice de figuras

Figura 1 - Quantificação dos elementos grosseiros e terra fina	5
Figura 2 - Textura manual.....	7
Figura 3 - Método da pipeta de Robinson	7
Figura 4 - Diagrama de classificação textural (Diagrama triangular	8
Figura 5 - Potenciômetro.....	10
Figura 6 - Disponibilidade dos nutrientes minerais segundo o valor de pH do solo (Quadro de Truog).....	11
Figura 7 - Determinação da matéria orgânica (EB; A - amostra com teor elevado de matéria orgânica; b - amostra com teor baixo de matéria orgânica.....	13
Figura 8 - Espectrofotômetro de absorção molecular.....	15
Figura 9 - Espectrofotômetro de absorção atômica emissão de chama.....	15
Figura 10 - Extração de boro em amostras de solos.....	18
Figura 11 - Esquema do campo de erosão e modalidades instaladas.....	19

Lista de tabelas

Tabela 1 - Metodologias analíticas utilizadas no LSB-ESACB	4
Tabela 2 - Classificação dos solos quanto ao azoto total.....	9
Tabela 3 - Classificação do pH (H ₂ O) dos solos agrícolas.....	10
Tabela 4 - Tabela de classificação dos solos quanto à salinidade.....	12
Tabela 5 - Classificação do teor de matéria orgânica dos solos agrícolas.....	14
Tabela 6 - Tabela de Classe fertilidade de P ₂ O ₅ e K ₂ O.....	16
Tabela 7 - Resultados obtidos para os parâmetros terra fina (%)......	19
Tabela 8 - Teor de humidade (%) das amostras analisadas e respectivos fhh.	20
Tabela 9 - Valores de pH (CE) obtidos nas amostras em estudo.	21
Tabela 10 - Valores da matéria orgânica (%)......	22
Tabela 11 - Valores de P ₂ O ₅ (mg/kg) e K ₂ O (mg/kg)	23
Tabela 12 - Valores de Cu, Zn, Fe e Mn (mg/kg)	24
Tabela 13 - Resultados de boro (mg/kg), nos talhões do campo de erosão	25
Tabela 14 - Resultados obtidos na análise da amostra Guiné, Ga mamudo	26

1. Introdução

O presente relatório foi elaborado no âmbito da Formação em Contexto de Trabalho (FCT), enquadrado no Curso Técnico Superior Profissional de Produção Agrícola, realizado no Laboratório de Solos e Fertilidade (LSF) da Escola Superior Agrária (ESACB), com duração total de 810 horas, durante o período de 28 de janeiro a 31 de julho de 2019.

A ESACB localiza-se em Castelo Branco, mais propriamente na Quinta da Senhora de Mércules e tem uma área de 166 ha. A ESACB dispõe de diversas estruturas que servem de apoio às aulas e aos trabalhos de investigação que decorrem na mesma, nomeadamente: Centro de Investigação em Zoonoses; Centro de Biotecnologia de Plantas da Beira Interior; laboratórios em diferentes áreas; pomares; olival com 50ha e vinha experimental; vacaria; ovil; picadeiro; parque botânico; viveiro florestal e um posto meteorológico (www.ipcb.pt/ESA).

O LSF é uma das infraestruturas existentes na ESACB e tem como principal objetivo a análise de solos, material vegetal e resíduos orgânicos, quer para o apoio às aulas, trabalhos e projetos de investigação, quer na prestação de serviços ao exterior e no apoio à comunidade.

O sistema de produção agropecuário tem como base a qualidade físico-química do solo, uma vez que apenas a análise visual no campo não é suficiente para delimitar possíveis problemas nutricionais das plantas. Assim, a análise de solo é um instrumento que pode auxiliar o produtor a aumentar a lucratividade da exploração agrícola e a acompanhar as mudanças da fertilidade do solo (Santos, 2002).

O solo é um recurso natural não renovável à escala de tempo humano, que se desenvolve na camada externa da litosfera, e que constitui um suporte físico e nutritivo de todos os ecossistemas terrestres. É formado a partir de rochas consolidadas ou não consolidadas, pela ação não só de diferentes fatores como também de vários processos de formação, os quais vão definir as propriedades do solo resultante e que o distinguem de outros formados em condições distintas.

A fertilidade do solo é a capacidade que um solo tem para fornecer elementos nutritivos às culturas nelas instaladas, nas quantidades adequadas ao longo do seu ciclo vegetativo (Santos, 2002). Esta está diretamente relacionada com a sustentabilidade dos ecossistemas e numa perspetiva mais global o termo qualidade do solo integra todas as funções como a capacidade para armazenar e reciclar água, nutrientes e energia (Varenes, 2003). Assim, a análise do solo refere-se a um critério de avaliação da fertilidade do mesmo que, embora com várias limitações, é aquele que, dada a facilidade e rapidez com que pode ser aplicado é o mais utilizado.

Durante este trabalho foram analisadas 18 amostras de solos, recolhidas no campo de erosão da ESACB, onde se encontra instalado um ensaio no âmbito do

projeto Interreg - Symbiosis que tem como objetivos: promover a gestão eficiente das explorações agropecuárias para as dotar de maior rentabilidade e competitividade, mediante a integração das duas atividades, agrícola e pecuária, e na aposta do desenvolvimento e inovação tecnológicos. Foi ainda analisada uma amostra proveniente de Ga mamudo na Guiné. Para isso, foram desenvolvidas diversas tarefas relacionadas com a avaliação da fertilidade dos solos em estudo, nomeadamente: colheita e recolha do solo, secagem e crivagem e realização das determinações analíticas nas referidas amostras.

2. Objetivos

O presente estágio decorreu no Laboratório de Solos e Fertilidade (LSF) da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB) e teve como principal objetivo adquirir competências na prática laboratorial, em particular, em análises de solos.

Os objetivos específicos foram os seguintes: i) realizar as análises físico-químicas necessárias à caracterização da fertilidade do solo; ii) interpretar o boletim analítico sob o ponto de vista agronómico; iii) elaborar relatório de estágio.

3. Atividades desenvolvidas

Durante o período da formação em contexto de trabalho foram várias as atividades desenvolvidas, nomeadamente, as tarefas relativas à colheita, receção e preparação de amostras; ao material e reagentes; às análises dos parâmetros físico química e por fim; à emissão e interpretação do boletim analítico das amostras em estudo.

3.1 Colheita, receção e preparação de amostra de solos

A amostra de solo, sob a qual vai incidir a análise deverá representar a parcela de terreno em estudo. As colheitas devem ser realizadas quando o solo não se apresenta demasiado seco ou muito húmido e não se deve recolher em locais onde tenham estado depositados adubos, estrume, entre outros (Santos, 2002).

Antes de se proceder à colheita, deve-se verificar se o local está limpo de ervas, pedras e detritos vegetais. As amostras devem ser recolhidas dependendo da cultura e de outros fatores (consultar folheto de recolha de amostras de solos - Anexo I). Após a recolha, deve-se retirar cerca de um quilograma de amostra para um saco de plástico e entregar a amostra no LSF.

Esta deve estar devidamente identificada com o nome do proprietário, local de colheita/parcela, profundidade de colheita e data de colheita, e deve ainda ser preenchida, para cada amostra uma ficha de entrada da amostra (Anexo II).

Após a recepção no LSF, inicia-se a sua preparação para ser analisada. A primeira fase consiste na secagem das amostras. Este processo consiste em espalhar o solo sobre uma caixa de polietileno e coloca-lo em estufa ventilada, a cerca de 40°C. As amostras são remexidas de tempos a tempos, alternando assim as superfícies expostas ao ar. Após a secagem da totalidade da amostra, desfazem-se os agregados maiores evitando a pulverização das partículas.

A segunda fase consiste no processo de crivagem, em que a amostra é passada por um crivo de malha de 2 mm de diâmetro. Este processo corresponde à determinação de duas frações das amostras: os elementos grosseiros (partículas de diâmetro superior 2 mm) e a terra fina (partículas de diâmetro inferior a 2 mm). Os elementos grosseiros são desprezados e a fração de terra fina é pesada e corresponde à parte que se utiliza tanto nas análises químicas como nas físicas.

3.2 Material e reagentes

Para cumprir todos os requisitos que envolvem uma análise físico-química, a lavagem, a descontaminação e a preparação do material a usar é uma tarefa muito importante. Se o material estiver mal lavado e tiver resíduos estes irão influenciar os resultados das análises seguintes. Assim, o material passa por vários passos até que seja novamente utilizado.

Todo este processo ocorre na sala de lavagem de material sendo importante em primeiro lugar retirar qualquer identificação ou registo devendo todo o material de seguida, ser passado por água corrente e colocado na máquina de lavar.

O material é lavado na máquina com água a menos de 40°C para que o material de vidro não fique descalibrado. Todo o material lavado na máquina é passado por água destilada. Após a lavagem, o material é colocado em estufa ventilada a 40°C para secagem.

Para além da importância do material, também as soluções a utilizar devem ser efetuadas com o maior rigor possível. As soluções devem ser preparadas no momento da realização das análises e tendo sempre os devidos cuidados de segurança no manuseamento dos diversos reagentes.

3.3 Parâmetros analisados

Neste ponto, apresentam-se os parâmetros analisados no decorrer deste trabalho, no que se refere, nomeadamente, à sua designação, importância e metodologia analítica.

Os parâmetros analisados nas 18 amostras recolhidas no campo de erosão foram os seguintes: terra fina; humidade; textura (método da textura manual e método da análise granulométrica); azoto total; pH (H₂O); condutividade elétrica; matéria orgânica (pelo método da incineração e pelo método de Walkley-Black); fósforo e potássio “assimiláveis”; microelementos (Cu, Fe, Zn e Mn) e boro.

Na amostra proveniente da Guiné foram analisados os mesmos parâmetros, com exceção dos microelementos.

Na tabela 1 indicam-se as metodologias analíticas utilizadas para cada uma das técnicas.

Tabela 1- Metodologias analíticas utilizadas no LSB-ESACB

PARÂMETROS	UNIDADES	MÉTODO ANALÍTICO
Humidade	%	Norma ISO 11465:1993 – Método Gravimétrico
Terra Fina	%	Norma ISO 11464:2005 – Método Gravimétrico
Análise Granulométrica (Areia Grossa, Areia Fina, Limo e Argila)	%	Método da Pipeta de Robinson
Textura Manual		Método Interno
Azoto total	%	Norma ISO 11261:1995 - Método de Kjeldahl (Modificado)
pH (H ₂ O)		Norma ISO 10390:2005 – Potenciometria (em suspensão 1:2,5)
Matéria Orgânica	%	Norma ISO 10694:1995 – Método Gravimétrico
Matéria Orgânica	%	Método de Walkley e Black (Modificado) (Walkley e Black, 1934)
Fósforo "assimilável"	mg.kg ⁻¹	Método de Égner-Rhiem (Égner, et al, 1960)
Potássio "assimilável"	mg.kg ⁻¹	Método de Égner-Rhiem (Égner, et al, 1960)
Elementos Minerais Totais: Manganês, Ferro, Zinco e Cobre	% ou mg.kg ⁻¹	Norma ISO 11466:2005 (Extração por Água Régia) e doseamento por Espectrofotometria de Absorção Atômica
Boro	mg.kg ⁻¹	Método de extração por água fervente e CaCl ₂ 0,02 M e doseamento por colorimetria (Azomethine-H)

3.3.1 Terra fina

A terra fina corresponde à fração de amostra de solo que passa por um crivo com malha de 2 mm, isto é, corresponde às partículas de diâmetro inferior a 2 mm.

A determinação deste parâmetro é por método gravimétrico, (ISO11464:2005) e consiste em promover a separação da terra fina dos elementos grosseiros, através de um crivo de diâmetro de 2 mm (Figura 1).

De seguida, procede-se à pesagem das frações elementos grosseiros e terra fina para quantificação da proporção entre ambos.



Figura 1 - Quantificação dos elementos grosseiros e terra fina

A quantificação deste parâmetro é dada pela seguinte fórmula:

$$TF (\%) = (m_{TF}/m_{total}) \times 100$$

em que:

TF (%) - Terra fina %

m_{total} - peso total da amostra (terra fina + elementos grosseiros)

m_{TF} - peso da fração terra fina

As análises dos parâmetros avaliados durante este trabalho foram determinados na fração terra fina.

3.3.2 Humidade

A determinação deste parâmetro é efetuada através do método gravimétrico (ISO11465:1993), que permite avaliar a quantidade de água que o solo possui na sua constituição, e tem por objetivo a determinação do fator higroscópico para correção da humidade presente na amostra para algumas das determinações efetuadas. A percentagem da humidade relativa do solo é dada pela fórmula:

$$HR (\%) = [(m_a - m_s) / m_s] \times 100$$

em que:

HR (%) – Humidade

m_a - peso solo húmido

m_s - peso do solo seco (após 105°C)

A humidade é quantificada em relação ao peso seco pelo que, em solos orgânicos, a humidade poderá ser superior a 100% (Santos, 2002). O fator higroscópico para correção do valor de humidade é dado pela seguinte fórmula:

$$fhh = 100 / (100 + H\%)$$

em que:

fhh - fator hidrosocópico

H (%) - Humidade relativa do solo

Este fator é calculado e deverá ser aplicado na correção da humidade nos parâmetros: textura (método da análise granulométrica); azoto total; matéria orgânica (pelo método da incineração e pelo método de Walkley-Black; fósforo e potássio “assimiláveis”; microelementos (Cu, Fe, Zn e Mn) e boro.

3.3.3 Textura (de campo ou classes de textura)

A textura de um solo corresponde à granulometria do mesmo, isto é, é definida pela proporção das diferentes frações que nele existem (LQARS,2006). Este parâmetro físico do solo, pode ser determinado por duas metodologias: textura manual ou de campo ou análise mecânica ou granulométrica.

A textura manual ou de campo (Figura 2) consiste em humedecer um pouco da amostra, esfregá-la entre os dedos para a “sentir” e depois tentar formar um

filamento ou uma argola. Esta análise dá resultados fiáveis, se o técnico estiver muito treinado na sua execução permitindo classificar o solo em textura grosseira, média ou fina de forma mais rápida (Varenes, 2003).



Figura 2 - Textura manual.

A análise mecânica ou granulométrica é um método bastante mais rigoroso e consiste na determinação da textura de uma amostra através da quantificação das diferentes frações presentes na terra fina (areia grossa, areia fina, limo e argila) pelo método da pipeta de Robinson (Figura 3).



Figura 3 - Método da pipeta de Robinson

Assim, as partículas de terra fina são subdivididas em areia (partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,02mm), limo (partículas de diâmetro entre 0,02 e 0,002mm) e argila (partículas de diâmetro inferiores a 0,002mm), sendo ainda a fração de areia dividida em areia grossa (2,0 a 0,2mm) e areia fina (0,2 a 0,02mm) (LQARS, 2006).

A quantificação das diferentes frações permite depois determinar a classe de textura da amostra em análise através da análise do diagrama das classes de textura (Figura 4).

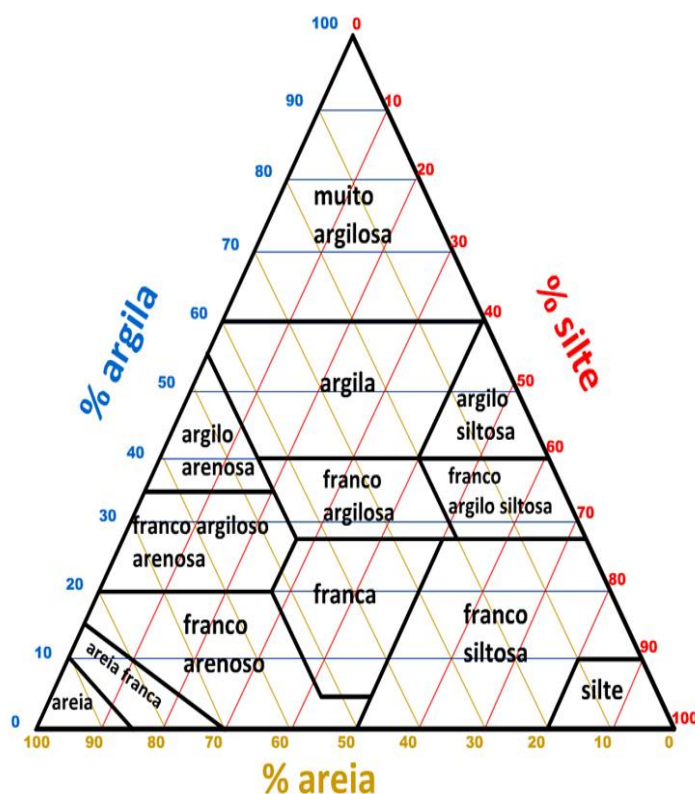


Figura 4 - Diagrama de classificação textural (Diagrama triangular)

(Fonte: [HTTP://WWW.WHOOS.COM.BR/INDEX.PHP/GEOGRAFIA/SOLOS/4-TRIANGULO-TEXTURAL-SOLOS-ARGILA-AREIA-SILTE](http://www.whoos.com.br/index.php/geografia/solos/4-triangulo-textural-solos-argila-areia-silte) 12 06 2019)

A textura apresenta interesse no domínio da fertilização, sobretudo pelas implicações que poderá ter na quantidade, tipo e época de aplicação dos fertilizantes, mas também por ser um dos fatores determinantes na definição das características dos solos no que respeita ao fornecimento de nutrientes destes para as planta (LQARS, 2006).

Os solos de textura média apresentam um certo equilíbrio entre os teores de areia, limo e argila, e conseqüentemente, apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e de nutrientes, assim como bom arejamento, o que facilita a mobilização do solo e torna-o mais apto em termos agrícolas (Varenes,2003).

3.3.4 Azoto total

O azoto move-se entre a atmosfera, o solo, a água e os seres vivos sofrendo transformações que constituem o ciclo do azoto. Tratando-se de um elemento com grande mobilidade, o azoto é afetado pelos processos físico-químicos que influenciam o seu percurso no ciclo do azoto.

No que respeita a este parâmetro, o azoto total é quantificado nas amostras de solos pelo método de Kjeldahl (modificado), que consiste na determinação deste elemento na forma de azoto amoniacal (NH_4^+) e que se desenvolve em 3 fases distintas: digestão, neutralização e destilação (ISO 11261:1995). A fórmula de quantificação deste elemento apresenta-se de seguida:

$$\text{N total (g/kg)} = [V - V_{(EB)} * M(\text{HCl}) * M(\text{N})] / P_{\text{amostra}}$$

Em que:

N total – Quantidade de azoto total, em g/kg

V – Volume de Ácido Clorídrico gasto na titulação da amostra

$V_{(EB)}$ – Volume de Ácido Clorídrico gasto na titulação do EB

M (HCl) – Molaridade do HCl

M (N) – Massa molar do Azoto ($M = 14,001 \text{ g/mol}$)

P_{amostra} – Peso da amostra seca a 105°C

A classificação dos solos no que se refere a este parâmetro apresenta-se na tabela.

Tabela 2 – Classificação dos solos quanto ao azoto total

Azoto total (g/kg)	Classificação do solo
< 0,5	Baixo
0,5 -1,0	Médio
> 1,0	Alto

(Fonte: Balsa, 1993)

3.3.5 pH (H_2O)

O pH (H_2O) corresponde ao logaritmo do inverso de concentração de hidrogeniões (H^+), no estado livre, presentes na solução. Este avalia-se através da escala de pH que varia entre 0 e 14. Os valores inferiores a 6,5 indicam a presença de solos ácidos enquanto solos superiores a 7,5 indicam solos alcalinos.

A determinação deste parâmetro consiste na quantificação por potenciometria dos iões H^+ numa suspensão solo/água 1:2,5; (Figura5), tal como descrito na ISO 10390:2005.



Figura 5 - Potenciômetro

Na tabela 3, apresenta-se a classificação no que respeita à acidez (pH(H₂O)) para os solos agrícolas.

Tabela 3 - Classificação do pH (H₂O) dos solos agrícolas.

pH (H ₂ O)	Designação
≤4,5	Muito ácido
4,6-5,5	Ácido
5,6-6,5	Pouco ácido
6,6-7,5	Neutro
7,6-8,5	Pouco alcalino
8,6-9,5	Alcalino
>9,5	Muito alcalino

(Fonte: LQARS, 2006)

A determinação deste parâmetro é importante porque permite quantificar a acidez do mesmo, para quando, necessário ser feita a sua correção. A acidez do solo resulta do desenvolvimento de processos naturais, dependendo do clima e da natureza da rocha mãe, que podem ser contrariados, pela ação do Homem, mas em que em condições naturais o processo é lento (LQARS, 2006).

Este parâmetro influencia o desenvolvimento das culturas, determinando a capacidade que o solo apresenta no que respeita à disponibilidade dos nutrientes e desenvolvimento dos microrganismos, assim como na velocidade dos processos de humificação e mineralização de matéria orgânica e, por fim, da capacidade de absorção dos catiões do complexo de troca (Andrades, 2014).

Na figura 6, apresenta-se o gráfico de disponibilidade dos nutrientes minerais segundo o valor do pH do solo. Quanto maior a largura das faixas, mais elevada é a disponibilidade dos nutrientes ou actividade dos microrganismos no solo.

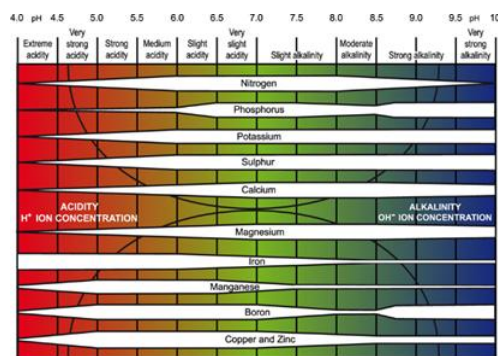


Figura 6 - Disponibilidade dos nutrientes minerais segundo o valor de pH do solo (Quadro de Truog)

(Fonte: http://www.pda.org.uk/pda_leaflets/24-soil-analysis-key-to-nutrient-management-planning/ em 29.05.2019)

A determinação deste parâmetro é muito útil para ajudar na escolha do tipo de fertilizantes a utilizar, em especial quando este é fosfatado pois quanto mais extremo é o pH (muito ácido ou muito básico), menos disponível estará o elemento fósforo para as plantas (Andrades, 2014).

3.3.6 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do solo representa uma medida da salinidade do solo, problema muito pertinente em zonas áridas associadas a lavouras de agricultura irrigadas e a áreas com lençóis freáticos de baixa profundidade. Sabemos que a condutividade elétrica do solo é muito influenciada por uma vasta combinação de propriedades físico-químicas do solo, tais como: sais solúveis; mineralogia e conteúdo de argila; quantidade de água presente no solo; densidade volumétrica; matéria orgânica e temperatura do solo. Aparentemente a condutividade elétrica do solo é uma ferramenta rápida, confiável e mais fácil que outras técnicas, mas nem sempre correlacionadas com o rendimento das culturas. Por isso, a medida da condutividade elétrica está entre as mais frequentes ferramentas usadas em pesquisa na agricultura de precisão para a caracterização espaço temporal das propriedades edáficas e antropogénicas que influenciam a produtividade da cultura.

Quando o teor de sais solúveis no solo é muito elevado, as plantas têm dificuldade em se desenvolver e produzir. Embora, vulgarmente, se atribuam apenas aos cloretos e ao sódio os problemas de salinidade, é necessário ter presente que todos os sais solúveis, como nitratos, sulfatos, bicarbonatos, etc., acompanhados pelos respetivos catiões, contribuem para a salinidade do solo. A avaliação do teor de sais no solo é geralmente efetuada através da medição da condutividade elétrica que é expressa em mS/cm ou mmhos/cm a 25 °C (milisímens ou milimós por centímetro). Essa medição é efetuada na suspensão 1:2 (solo:água), usando um condutímetro. A classificação efetua-se tal como descrito na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de classificação dos solos quanto à salinidade

Classificação	No extrato de saturação	No extrato 1:2 (solo:água)
Solo sem efeitos salinos	0 - 2	< 0,40
Solo muito pouco salino	2 - 4	0,41 - 0,80
Solo pouco salino	4 - 8	0,81 - 1,60
Solo moderadamente salino	8 - 12	1,61 - 2,40
Solo fortemente salino	12 - 16	2,41 - 3,20
Solo muito fortemente salino	> 16	> 3,20

(Fonte: LQARS, 2006)

3.3.7 Matéria Orgânica

A matéria orgânica é formada por restos de plantas e de outros seres vivos. A matéria orgânica do solo pode ser determinada por diversos métodos, podendo distinguir-se entre métodos diretos, como é o caso da perda de peso por calcinação ou métodos indiretos de oxidação por via seca ou oxidação por via húmida, em que se determina o carbono orgânico obtendo-se a partir deste, a matéria orgânica (Santos, 2002).

A determinação deste parâmetro neste trabalho foi efetuada por dois métodos: método de Walkley e Black (Walkley e Black, 1935); e método de incineração (gravimétrico).

O método de Walkley e Black consiste na quantificação do carbono orgânico facilmente oxidável do solo através de um processo de oxidação - redução usando como agente oxidante (Dicromato de Sódio) e agente redutor (Sulfato de Ferro e Amónio) (Figura 7).



Figura 7 - Determinação da matéria orgânica (EB; A - amostra com teor elevado de matéria orgânica; b - amostra com teor baixo de matéria orgânica.

A determinação do teor de matéria orgânica do solo é dada pela seguinte fórmula:

$$\text{Corg (\%)} = (V_{EB} - V_A) \times N \times Fc \times 100 \times 1,33 / P_{amostra}$$

$$\text{MO (\%)} = \text{Corg (\%)} \times 1,724$$

em que:

Corg (%) – Carbono orgânico

V_{EB} - Volume de Sulfato Ferroso Amoniacal gasto na titulação do EB

V_A - Volume de Sulfato Ferroso Amoniacal gasto na titulação da amostra

N – Normalidade do Sulfato Ferroso Amoniacal (0,5N)

Fc- Fator de conversão do Dicromato de sódio em Carbono (0,003)

1,33 -Fator de correção, considerando que apenas 75% do carbono presente na amostra é oxidado

$P_{amostra}$ – Peso da amostra

1,724 – Fator de correção considerando que a matéria orgânica tem 58% de carbono orgânico (fator de Van Bemmelen)

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental na manutenção suas funções, dada a sua influência na estrutura e estabilidade do mesmo, na retenção de água, como fonte de nutrientes para as plantas, contribuindo para o acréscimo da produtividade do mesmo (Santos, 2002).

A classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas apresenta-se na tabela 5 e refere-se à quantificação pelo método de Walkley e Black.

Tabela 5 - Classificação do teor de matéria orgânica dos solos agrícolas.

Classificação	Matéria orgânica do solo (%)	
	Textura grosseira	Textura média ou fina
Muito baixa	≤0,5	≤1,0
Baixa	0,6-1,5	1,1-2,0
Média	1,6-3,0	2,1-4,0
Alta	3,1-4,5	4,1-6,0
Muito alta	>4,5	>6,0

(Fonte: LQARS, 2006)

No que se refere ao método por incineração (ISO 10694:1995), este consiste na determinação da matéria orgânica através da calcinação da fração orgânica do solo e, em princípio corresponde à fração orgânica total da amostra.

A quantidade de matéria orgânica total é determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{M.O., \%} = \left[\frac{(m_{\text{cadinho+amostra}} - m_{\text{cadinho+amostra, 400}^\circ\text{C}})}{(m_{\text{cadinho+amostra}} - m_{\text{cadinho}})} \right] * 100$$

Em que:

M.O. – Corresponde à quantidade de matéria orgânica (%).

$m_{\text{cadinho+amostra}}$ – Peso do cadinho e amostra, antes de ir para a mufla (g).

$m_{\text{cadinho+amostra, 400}^\circ\text{C}}$ – Peso do cadinho e amostra, após ir para a mufla (g).

m_{cadinho} – Peso do cadinho (g).

3.3.8 Fósforo e Potássio assimiláveis

O fósforo e o potássio encontram-se quase sempre nos solos em quantidades elevadas, mas, normalmente, apresentam-se em combinações químicas que não são diretamente utilizáveis pelas plantas (Varenes,2003).

Durante o planeamento da fertilização, deve-se ter em conta a disponibilidade que a análise dos solos determina e as quantidades necessárias destes elementos para determinada cultura. Neste planeamento, deverá ter-se em consideração os elementos fósforo e potássio na forma “extraível” ou “assimilável” (P_2O_5 e K_2O , respetivamente) pois são estas as formas mais facilmente absorvidas pelas plantas (Santos, 2002).

O fósforo encontra-se nos solos em formas orgânicas e na planta minerais. Enquanto o potássio não sofre metabolização na planta, mantendo-se em formas minerais. A determinação do fósforo (P_2O_5) assimilável para as plantas é bastante complexa, pois a sua absorção depende não só da sua concentração no solo, mas de fatores como o pH, temperatura e humidade (LQARS, 2006).

No que diz respeito ao potássio (K_2O), este apresenta teores elevados na maioria dos solos cultivados, uma vez que este elemento faz parte da constituição da maioria dos minerais (LQARS,2006).

A determinação destes nutrientes é feita através do método Egnér-et al (Egnér-et al, 1960), que consiste na extração dos elementos (P_2O_5 e K_2O) do solo utilizando uma solução de ácido láctico e ácido acético e, posteriormente, na quantificação do fósforo (P_2O_5) por colorimetria (espectrofotómetro de absorção molecular – Figura 8) e do potássio (K_2O) por espectrofotómetro de absorção atômica - emissão de chama (Figura 9).



Figura 8 - Espectrofotómetro de absorção molecular



Figura 9 - Espectrofotómetro de absorção atômica emissão de chama

A quantificação dos elementos P_2O_5 e K_2O nos solos é determinada pela seguinte fórmula, sendo a classificação destes elementos no solo, apresentada na tabela 6:

$$[P_2O_5 \text{ ou } K_2O]_{\text{mg/kg}} = [P_2O_5 \text{ ou } K_2O_{\text{mg/L}}] * V_{\text{ext.}} / P_{\text{amostra}}$$

em que:

$[P_2O_5 \text{ ou } K_2O]_{\text{mg/kg}}$ - Concentração em fósforo (P_2O_5) ou potássio (K_2O), na forma de P_2O_5 ou K_2O , em mg/Kg

$[P_2O_5 \text{ ou } K_2O]_{\text{mg/L}}$ - Concentração em fósforo ou potássio da amostra obtida no EAM ou EAA

$V_{\text{ext.}}$ - Volume solução extrativa

P_{amostra} - Peso da amostra seca

Tabela 6 - Tabela de Classe fertilidade de P_2O_5 e K_2O .

P_2O_5 e K_2O	Designação
≤ 25	Muito baixa
26 - 50	Baixa
51 - 100	Médio
101 - 200	Alta
> 200	Muito alta

(Fonte: LQARS, 2006)

Estes dois elementos são importantes nos solos pois constituem, em conjunto com o azoto, os macronutrientes primários essenciais para o desenvolvimento das plantas, sendo por isso estes os elementos principais a ter em conta no planeamento de fertilização para determinada cultura. (Santos,2002)

3.3.9 Microelementos (Cobre, Ferro, Zinco e Manganês)

O teor do solo em micronutrientes depende, acima de tudo, da natureza da rocha que lhe deu origem. Na maioria dos casos, os seus teores são suficientes para assegurar produções elevadas e de boa qualidade. Os casos que exigem a sua aplicação referem -se na maioria das vezes, a situações resultantes de valores de pH solo inadequados ou desequilíbrios entre nutrientes de zinco, em especial nas culturas mais exigentes para determinado elemento.

No caso dos micronutrientes, é frequente passar-se com facilidade da situação de carência para a de toxicidade, pelo que a aplicação destes elementos deverá ser sempre realizada à cultura em causa não a rotação. Deste modo, evitam-se situações de enriquecimento excessivo do solo, dado que os problemas de deficiência são mais fáceis de solucionar do que os de oxidada.

Cobre (Cu) - As situações de deficiência são muito raras. Há algumas evidências de que culturas mais exigentes (trigo, cevada, arroz, etc.) poderão responder á sua aplicação, em anos de boa produção, nos solos com teores baixos nestes elementos. As situações de toxicidade ocorrem com certa frequência nos solos ácidos, ocupados há longos anos com vinhas, associadas á aplicação de produtos fitofarmacêuticos á base de cobre.

Ferro (Fé) - É um nutriente cuja carência surge em solos de pH elevado, sendo frequente em solos com carbonatos ou que foram sujeitos a calagens excessivas O combate da erosão, em especial nos solos com carbonatos na camada subsuperficial, a utilização de variedades resistentes á clorose férrica e aplicações ao solo ou por via foliar de quilato são as medidas mais adequadas para o seu controlo. Nalguns casos, aplicações de corretivos acidificantes, como o enxofre elementar, também podem ajudar a minimizar o problema. Em culturas arvenses, no intento, estas práticas tem pouco significado pelos custos que comportam.

Zinco (Zn) - É um nutriente que surge, com teores baixos nos solos, havendo culturas que respondem bem a sua aplicação, em especial quando o pH é superior a 6,5. As aplicações ao solo, na forma de sulfato ou óxido de zinco. São geralmente eficazes, havendo, no entanto, situações em que é necessário recorrer a aplicações foliares, como é o caso das culturas arbóreas e arbustivas.

Manganês (Mn) - É um elemento que, tal como o ferro pode surgir em situação de carência nos solos de pH mais elevado. As aplicações foliares são mais eficazes do que as aplicações ao solo para a correção das deficiências. Em qualquer dos casos, poderá recorrer -se á aplicação do nutriente sob a forma de sulfato. Nos solos ácidos, surge muitas vezes com teores excessivos, podendo causar problemas de toxicidade em muitas culturas. Nestes casos, a correção da acidez resolve geralmente, o problema.

A quantificação destes elementos determina-se pelo método de *aqua regia*, que consiste na digestão a quente das amostras, utilizando para isso soluções ácidas de ácido clorídrico e ácido nítrico. E quantifica-se por espectrofotometria de absorção atômica. A fórmula seguinte serve para determinar os valores destes elementos.

$$\text{Elemento] (mg/kg) = [Amostra-EB] * Fd}$$

Em que:

[Elemento] – Concentração dos elementos determinados, mg/kg

[Amostra-EB] – Concentração da amostra obtida em EAA, mg/l

Fd – Factor de diluição [(100/P amostra seca) x diluição]

3.3.10 Boro

O boro é um micronutriente essencial para as plantas, podendo a deficiência deste resultar em redução do crescimento, perda de rendimento e até à morte da planta. O excesso deste pode ser tóxico para as plantas, aparecendo sintomas que levam desde a necrose de alguns órgãos até a morte da planta inteira, dependendo da extensão e do grau de toxicidade. O boro é o micronutriente mais móvel no solo sendo por isso, facilmente lixiviado. De um modo geral, apenas o boro solúvel em água é considerado disponível para as plantas. Assim, a quantidade deste elemento determinada laboratorialmente apenas diz respeito à quantidade disponível para as plantas e não a quantidade total (Santos, 2002).

A determinação deste parâmetro é efetuada através do método de extração por água fervente e CaCl_2 0,02M (Figura 10) e doseamento por colorimetria (Espectrofotometria de absorção molecular), utilizando como corante Azomethine-H.



Figura 10 - Extração de boro em amostras de solos.

O boro é o micronutriente mais responsável pelo aparecimento mais frequente de deficiência em vinha, olival e árvores de fruto, daí a importância da sua determinação (Santos, 2002).

4. Resultados

Neste ponto, procede-se à apresentação e análise dos resultados obtidos no decorrer deste trabalho. Os diferentes parâmetros apresentados e descritos nos pontos anteriores foram realizados num total de 18 amostras (T1 a T18), tendo sido realizada mais uma amostra (Guine - Ga mamudo) no final do estágio com o intuito de se avaliarem os objetivos propostos.

As amostras utilizadas, tal como já indicado, foram recolhidas no campo de erosão da ESACB, onde decorre um dos ensaios do projeto Symbiosis, em 18 talhões (Figura 11).

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Controlo (0)	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Digestato 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Digestato 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Controlo	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Digestato 90 kg N/ha	Controlo	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha	Adubo (NH ₄) ₂ SO ₄ 90 kg N/ha

Figura 11 - Esquema do campo de erosão e modalidades instaladas

4.1 Terra fina

A quantificação deste parâmetro foi efetuada nas 18 amostras do campo de erosão (T1 a T18) recolhidas a 21 de Fevereiro de 2019. A terra fina (%) determinada permite a correção dos valores dos nutrientes a aplicar ao solo, aquando do plano de fertilização pois é nesta fração que se realizam as análises laboratoriais.

No que se refere ao parâmetro terra fina, obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultados obtidos para os parâmetros terra fina (%).

Amostra	Terra Fina (%)
T1	58,5
T2	57,6
T3	56,9
T4	58,2
T5	58,6
T6	54,7
T7	57,2
T8	60,5
T9	58,2
T10	59,3
T11	60,4
T12	60,1
T13	64,8
T14	64,3
T15	65,6
T16	66,1
T17	63,2
T18	61,5

4.2 Humidade

A determinação deste parâmetro foi importante para a determinação do fhh (fator higroscópico do solo). Os valores apresentam-se na tabela seguinte (Tabela 8).

Tabela 8 - Teor de humidade (%) das amostras analisadas e respectivos fhh.

Amostra	Humidade (%)	fhh
1	0,64	0,99
2	0,61	0,99
3	0,65	0,99
4	0,66	0,99
5	0,63	0,99
6	0,66	0,99
7	0,70	0,99
8	0,61	0,99
9	0,51	0,99
10	0,57	0,99
11	0,66	0,99
12	0,51	0,99
13	0,64	0,99
14	0,62	0,99
15	0,70	0,99
16	0,46	1,00
17	0,45	1,00
18	0,60	0,99

Os valores de fhh obtidos permitiram a correção do peso da amostra nas determinações dos parâmetros: análise granulométrica; fósforo e potássio “assimilável” micro elementos (Cu, Fe, Zn e Mn) e boro.

4.3 Textura

No que respeita ao parâmetro textura, este foi avaliado por duas metodologias distintas: textura manual e análise granulométrica.

Uma vez que as 18 amostras foram recolhidas numa área relativamente pequena, a textura é igual para os 18 talhões sendo os solos de textura grosseira com classe de textura franco arenoso (com valores médios de areia grossa de 51,5 % ± 4,20; areia fina 28,5 % ± 4,04; limo 10,2 % ± 1,30 e argila 9,8 % ± 0,70; Anexo III).

4.4 pH (H₂O) e CE

Os valores dos parâmetros pH (H₂O) e CE foram avaliados nas 18 amostras em estudo, obtendo-se os valores descritos na tabela seguinte (tabela 9).

Tabela 9 - Valores de pH (CE) obtidos nas amostras em estudo.

Amostra	pH (H ₂ O)	Classificação	C.E. (dS.m)	Classificação
T1	5,6	Pouco ácido	0,12	Solo sem efeitos salinos
T2	6,5	Pouco ácido	0,07	Solo sem efeitos salinos
T3	5,4	Ácido	0,03	Solo sem efeitos salinos
T4	5,5	Ácido	0,17	Solo sem efeitos salinos
T5	6,4	Pouco ácido	0,08	Solo sem efeitos salinos
T6	4,9	Ácido	0,21	Solo sem efeitos salinos
T7	6,2	Pouco ácido	0,12	Solo sem efeitos salinos
T8	6,7	Neutro	0,09	Solo sem efeitos salinos
T9	5,1	Ácido	0,08	Solo sem efeitos salinos
T10	5,8	Ácido	0,09	Solo sem efeitos salinos
T11	5,1	Ácido	0,06	Solo sem efeitos salinos
T12	5,0	Ácido	0,11	Solo sem efeitos salinos
T13	6,7	Neutro	0,10	Solo sem efeitos salinos
T14	5,3	Ácido	0,04	Solo sem efeitos salinos
T15	5,4	Ácido	0,08	Solo sem efeitos salinos
T16	5,2	Ácido	0,06	Solo sem efeitos salinos
T17	6,7	Neutro	0,10	Solo sem efeitos salinos
T18	5,5	Ácido	0,07	Solo sem efeitos salinos

Relativamente à sua classificação, o pH (H₂O) do solo das amostras dos talhões 3, 4, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, é ácido; as amostras dos talhões 8, 13 e 17 apresentam pH neutro e, as restantes, são pouco ácidas.

Os solos referentes aos talhões T3, T11, e T14 são de áreas de controlo, isto é, onde não foi aplicado qualquer tipo de fertilização pelo que pode ser esse o motivo dos valores de pH mais baixos. Assim como, os talhões onde se aplicou o digestato (T5, T8 e T13), o pH é bastante mais alto uma vez que este se trata de um corretivo orgânico alcalinizante.

No que se refere ao parâmetro CE, os valores são todos bastantes baixos, o que indica tratar-se de solos pobres em sais.

4.5 Matéria Orgânica

Na tabela 10, apresentam-se os valores obtidos para o parâmetro matéria orgânica, para as amostras em estudo quantificado pelos 2 métodos utilizados.

Tabela 10 - Valores da matéria orgânica (%)

Amostra	M.O. (%) Método 1	Classificação	M.O. (%) Método 2
T1	2,83	Média	3,55
T2	2,49	Média	3,19
T3	3,10	Alto	3,01
T4	2,99	Média	3,60
T5	3,03	Alto	3,60
T6	3,65	Alto	4,00
T7	3,04	Alto	3,71
T8	3,27	Alto	4,21
T9	2,63	Média	3,24
T10	3,34	Alto	3,67
T11	3,46	Alto	3,54
T12	2,89	Média	3,20
T13	4,54	Alto	4,26
T14	2,68	Média	3,09
T15	3,24	Alto	3,81
T16	3,34	Alto	3,31
T17	2,82	Média	3,17
T18	2,94	Média	3,87

Método 1- Método de Walkey - Black

Método 2 - Método gravimétrico

No que se refere a este parâmetro, verifica-se que os valores são essencialmente valores médios e altos. Este fato pode dever-se à incorporação constante dos resíduos dos talhões (restos das cultura e infestantes), aquando da mobilização do mesmo.

4.6 Fósforo e Potássio assimiláveis

Neste ponto, procede-se à análise dos parâmetros fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) “assimiláveis”, no que diz respeito às amostras analisadas.

Na tabela 11 apresentam-se os valores obtidos para estes parâmetros referentes aos 18 talhões.

Tabela 11 - Valores de P_2O_5 (mg/kg) e K_2O (mg/kg)

Amostra	P_2O_5 (mg/kg)	Classificação	K_2O (mg/kg)	Classificação
T1	836	Muito alto	121	Alto
T2	966	Muito alto	122	Alto
T3	27,5	Baixa	87	Média
T4	632	Muito alto	104	Alto
T5	883	Muito alto	138	Alto
T6	95	Alto	176	Alto
T7	730	Muito alto	125	Alto
T8	1264	Muito alto	139	Alto
T9	108	Alto	84	Média
T10	830	Muito alto	108	Alto
T11	19,3	Muito baixa	127	Alto
T12	83,5	Média	114	Alto
T13	1146	Muito alto	169	Alto
T14	26,1	Baixa	111	Alto
T15	106	Alto	175	Alto
T16	77	Média	104	Alto
T17	1069	Muito alto	107	Alto
T18	83,9	Média	198	Alto

A maioria das amostras apresenta valores médios a muito altos para os parâmetros indicados.

Este fato pode dever-se à adubação efetuada para a realização do ensaio uma vez que nos talhões controle (T3, T11 e T14), os valores de P_2O_5 são baixos e muito baixos.

4.7 Micro-elementos

Na tabela seguinte (tabela 12) apresentam-se os valores obtidos para os micronutrientes referentes às amostras dos 18 talhões do campo de erosão.

Tabela 12 - Valores de Cu, Zn, Fe e Mn (mg/kg)

Amostra	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
T1	4,02	127	1,75	163
T2	4,25	101	1,75	141
T3	3,58	103	2,01	129
T4	4,15	84,3	1,87	160
T5	3,85	110	1,82	153
T6	3,95	95,0	1,99	136
T7	4,12	89,4	1,70	150
T8	4,32	87,1	1,83	153
T9	3,35	82,3	1,97	122
T10	4,26	80,0	1,59	159
T11	3,44	78,0	1,64	120
T12	3,73	82,9	1,54	122
T13	4,47	97,9	1,54	146
T14	3,57	81,8	1,84	131
T15	4,71	95,5	1,83	135
T16	4,31	83,6	2,11	127
T17	5,38	155	2,29	152
T18	5,34	138	2,36	134

4.8 Boro

Na tabela 13 apresentam-se os resultados para o parâmetro boro, para as amostras em estudo.

Tabela 13 - Resultados de boro (mg/kg), nos talhões do campo de erosão

Amostra	Boro (mg/kg) Média	Classificação
T1	0,68	Média
T2	0,53	Média
T3	0,62	Média
T4	0,46	Média
T5	0,62	Média
T6	0,37	Baixa
T7	0,50	Média
T8	0,74	Média
T9	0,46	Média
T10	0,49	Média
T11	0,31	Baixa
T12	0,44	Média
T13	1,04	Média
T14	0,26	Baixa
T15	0,30	Baixa
T16	0,35	Baixa
T17	0,26	Baixa
T18	0,25	Baixa

No que se refere ao boro, este apresenta valores na sua maioria, médios e alguns valores baixos. Este elemento pode estar presente na fertilização aplicada e, daí o fato de apresentar valores médios na maioria dos talhões.

5. Caracterização química de uma amostra de solo proveniente da Guiné

Tal como foi descrito anteriormente, efetuou-se a análise dos parâmetros pH (H₂O), matéria orgânica, fósforo e potássio “assimilável” e textura manual que corresponde a análise sumária, numa amostra para avaliar os objetivos propostos para o estágio.

A amostra foi recolhida em Guine (Ga mamudo). Os resultados obtidos para os parâmetros avaliados apresentam-se na tabela 14. Para a amostra em questão, foi ainda elaborado o boletim analítico que se apresenta em anexo (Anexo IV).

Tabela 14- Resultados obtidos na análise da amostra Guiné, Ga mamudo

Amostra: Guiné - Ga Mamudo		TEXTURA MANUAL: Média						
Parâmetros	pH (H ₂ O)	C.E. (dS.m ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg.kg ⁻¹)	K ₂ O (mg.kg ⁻¹)	Azoto (g.kg ⁻¹)	MO (%) - via seca	MO (%) - via húmida	Boro (mg.kg ⁻¹)
Média	5,6	0,06	8	58	1,30	4,88	3,34	0,30
Classificação	Pouco ácido	Solo sem efeitos salinos	Muito baixo	Medio	Alto	--	Média	Baixo

No que se refere à amostra da Guiné (Ga Mamudo), esta apresenta uma textura média, com valor de pH (H₂O) é pouco ácido (5,7).

O valor de potássio assimilável (58 mg/kg) é médio, podendo este fato estar relacionado com o material originário do solo. No que respeita ao fósforo assimilável, a amostra apresenta um valor muito baixo (8 mg/kg). Este valor pode ser devido ao pousio existente no local de colheita da amostra em estudo.

Relativamente ao azoto total, este apresenta um valor alto (1,30 mg/kg) assim como a matéria orgânica facilmente oxidável, que apresenta valor de médio, podendo estes valores estar associados ao pastoreio de animais ao longo de vários anos.

A amostra de solos analisada apresenta ainda valor muito baixo de condutividade elétrica, não sendo por esse fato um solo rico em sais e um valor baixo de boro, pois tem sido uma área que não tem sido cultivada nem fertilizada.

6. Considerações finais

Ao longo do período de formação em contexto de trabalho foram efetuadas diversas tarefas.

A realização deste estágio permitiu alcançar os objetivos pretendidos, sendo possível através de diversos trabalhos práticos, consolidar uma parte da teoria adquirida durante o curso.

Com a realização dos diversos parâmetros analíticos, adquiri alguma experiência de laboratório e de avaliação de fertilidade solos.

As análises dos parâmetros avaliados permitem concluir que as amostras de solo analisadas apresentam diferentes potencialidades, devido aos diferentes planos de fertilização aplicado a cada talhão.

No que se refere à amostra da Guiné, esta análise possibilitou o conhecimento do terreno adquirido e efetuar uma gestão mais eficiente em termos agronómicos desse mesmo terreno.

Em suma reflito de uma forma mais geral a experiência que passei durante este período. O balanço que faço do estágio é bastante positivo, pois contribuiu para uma fase de grande crescimento tanto pessoal como profissional. A nível pessoal aprendi como funciona o “mundo” do trabalho e como devemos interagir com as várias pessoas, relativamente ao nível profissional, aprofundei os meus conhecimentos tanto teóricos como práticos.

Referências bibliográficas

Andrades, M., & Martínez, M^a. E., (2014). Fertilidad del suelo y parâmetros que la definen. 3^aedição. Universidad de la Rioja.

Egnér H., H. Riehm e W.R. Domingo. 1960. Untersuchungen uber die chemische bode nanalyse als grundlage fur die. Beurteilung der Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische extractions methoden zur phosphor, und kaliumbestimmung. Kunglia lantbrukshogskolans annaler 26:199-215.

LQARS. (2006). Manual de fertilização das culturas. INIAP- Laboratório químico agrícola Rebelo da Silva. Mem Martins. INIAP- Laboratório químico agrícola Rebelo da Silva.

Norma ISSO 11464:2005 – Soil Quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analysis. International Organization for Standardization. Genève, Suíça.

Norma ISSO 11465:1993 – Soil Quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method. International Organization for Standardization. Genève, Suíça.

Norma ISSO 10390:2005 – Soil Quality – Determination of pH. International Organization for Standardization. Genève, Suíça.

Santos, J.Q. (2002). Fertilização-fundamentos da utilização dos adubos e corretivos. 3^aedição. Publicações Europa-América. Tito Lyon de Castro.

Varenes, A. (2003). Produtividade dos solos e ambiente. Lisboa. Escolar editora.

Walkley, A e Black, L.A. Soil Science, 1934, 37:29-38.



PROCEDIMENTO DE RECOLHA DE AMOSTRAS
DE SOLOS PARA ANÁLISE LABORATORIAL

MODO DE COLHER AMOSTRAS DE TERRA PARA ANÁLISE

O AGRICULTOR DEVE CONHECER AS SUAS TERRAS PARA QUE
POSSA MELHORÁ-LAS

Só conhecendo a Fertilidade das suas terras o agricultor poderá utilizar correctamente os
fertilizantes por forma a obter melhores rendimentos nas suas colheitas

Esta análise permite conhecer a fertilidade da terra

PARA ONDE ENVIAR AS AMOSTRAS

Depois de devidamente embaladas enviar as amostras, bem como a ficha de entrada de amostras para:
Laboratório de Solos e Fertilidade
Escola Superior Agrária de Castelo Branco
Apartado 119
6001-909 Castelo Branco

OBJECTIVOS

Uma amostra de solo consiste numa pequena porção de solo capaz de representá-lo numa análise química. Como esta porção é pequena em relação à quantidade de solo que irá representar, deve-se ter o cuidado de retirar a amostra para que ela seja cópia fiel do terreno que queremos analisar quanto a qualidade química e física.

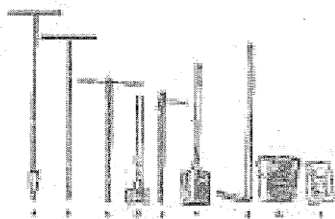
COLHEITA E AMOSTRAGEM DA TERRA

Material:

Enxada, pá, baldes, colher e um plástico ou oleado.

A enxada e a pá podem ser substituídas por uma sonda.

Todo o material deve ser bem limpo.



Para se fazer a amostragem, devemos fazer primeiro uma amostragem simples e em seguida, a mistura das amostras simples, fazendo a amostra composta:

a) O que é uma amostra simples? Para que se consiga fazer com que 1 kg represente a área que queremos avaliar a fertilidade, ao fazer a amostragem não devemos tirar terra de apenas um local, devemos tirar uma porção de terra em vários locais da mesma parcela, e cada ponto amostrado deve ser colocado num recipiente, como por exemplo, um balde bem lavado, ou pacote plástico ainda não utilizado. A amostra simples é cada porção individual de terra que foi retirada de vários locais.

b) O que é uma amostra composta? Depois de retiradas as amostras simples, deve-se misturá-las até que elas fiquem bem misturadas. Esta mistura é a amostra composta.

COLHEITA DAS AMOSTRAS

Divida o terreno em parcelas idênticas (ex. cor, espessura do solo, inclinação, culturas, produções obtidas).

Cada uma dessas parcelas deve ter uma área inferior a 5 hectares

(1 hectare é igual a $100\text{m} \times 100\text{m} = 10\,000\text{m}^2$).

Quando as parcelas tiverem áreas superiores a 5 hectares, divididas em parcelas com uma área igual ou inferior a 5 hectares.

Em cada parcela percorrer o terreno em ziguezague (Figura 1), colhendo 25 amostras/hectare se utilizar enxada e pá ou 20 – 30 se utilizar uma sonda.

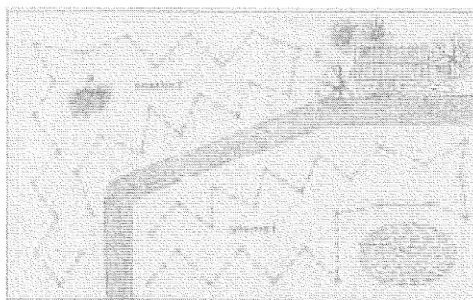


Figura 1 – Exemplo para colheita de amostras num prédio c/ 2 parcelas distintas. Não se deve colher amostras em locais onde estiveram depositados estrumes (a), em locais encharcados (b), ou junto de casa (c).

Não colher amostras em locais onde tenham sido depositados adubos, estrumes, correctivos calcários, cinzas, locais encharcados, perto de caminhos, etc.

Antes da colheita da amostra deve primeiro limpar-se o local escolhido de ervas, pedras, detritos vegetais, etc. e abrir depois uma cova a uma profundidade de 20 cm. Retirar uma fatia de terra com uma espessura de 2-3 cm e deitar num balde bem lavado (Figura 2).

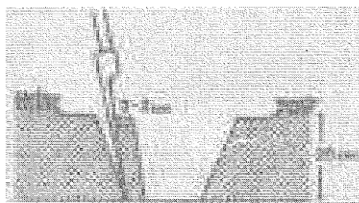


Figura 2 – Exemplo para colheita de cada amostra.

Esta é uma amostra simples. Todas as amostras simples colhidas na mesma parcela são colocadas no mesmo balde.

Espalhar o conteúdo do balde sobre um plástico ou oleado limpo, misturar bem, retirar as pedras maiores que amêndoas. Retirar cerca de 1 kg de terra para um saco de plástico. Esta é a amostra que vai enviar para o laboratório.

Para cada amostra preencher o respectivo questionário e colocá-lo no saco correspondente, devidamente identificado.

CASOS PARTICULARES

Prados permanentes

As amostras de terra num prado permanente já instalado retiram-se a uma profundidade de 10cm.

Vinhas, olivais e pomares

Se a cultura instalada ou a instalar for alguma destas, retirar uma amostra até 20cm de profundidade e outra de 20-50 cm (Figura 3).

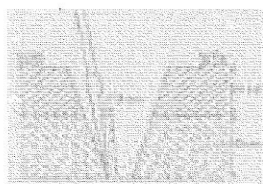


Figura 3 – Exemplo para colheita de cada amostra, a diferentes profundidades.

Para as amostras de cada profundidade um balde diferente.

Não misture nunca a terra das duas camadas.

Produção integrada de pomóideas, de oliveira, de vinha e de citrinos

Consultar o respectivo guia de Produção Integrada, publicado pelos Serviços do Ministério da Agricultura.

Para cada amostra preencher a respectiva ficha de entrada e colocar no saco correspondente, devidamente identificado.

**SIGA AS INSTRUÇÕES ACIMA INDICADAS; AS AMOSTRAS
CORRECTAMENTE COLHIDAS PERMITEM REALIZAR UMA
FERTILIZAÇÃO MAIS RACIONAL E SIMULTANEAMENTE
MELHORAR O RENDIMENTO DAS SUAS COLHEITAS**

Modelos Associados:

Mod.ESACB.LB.entradasolos – Ficha de Entrada de amostras de solos

Mod.ESACB.LB.00.00

Página 5 de 5



LABORATÓRIO DE SOLOS E FERTILIDADE FICHA DE ENTRADA PARA AMOSTRAS DE SOLOS NÚMERO DE RECEPÇÃO: _____ FATURA Nº _____

Amostra de solos para análise n.º: _____ Data de entrada: ____/____/____

ATENÇÃO	Cada amostra de solo deverá ser acompanhada de um impresso preenchido. Recolha a amostra de acordo com o Mod.ESACB.LB.recolhaamostras.
----------------	---

1 - Identificação da entidade que recebe os resultados

Entidade que Recebe os Resultados	Nome: _____	
	Morada: _____	
	C. Postal: _____	Contribuinte n.º: _____
	Contacto: _____	
	email: _____	
	Forma de envio dos resultados:	
	Levantamento no Laboratório <input type="checkbox"/> Envio pelo correio e email <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/>	

2 - Identificação do proprietário e da parcela

Preenchimento obrigatório	Proprietário: _____	Área: _____ ha	Data de colheita: _____
	Morada: _____	Profundidade	0 - 10 cm <input type="checkbox"/>
	Parcela: _____		0 - 20cm <input type="checkbox"/>
	Lugar: _____		20 - 50cm <input type="checkbox"/>
	Freguesia: _____		Outra _____ <input type="checkbox"/>
	Concelho: _____		

3 - Identificação da caracterização cultural

Topografia:	Baixa	Encosta	Socalco	Pedregosidade:	Pouca	Média	Muita
Prof. do solo:	< 25cm	25-50cm	> 50cm	Drenagem	Boa	Regular	Má
Regadio:	Sim	C/ limitação	Não				
Cultura (Instalação ou Manutenção): _____				Última cultura: _____			
Produção esperada: _____ kg ha ⁻¹				Produção : _____ (kg ha ⁻¹)			
Observações: _____							

PARECER DE FERTILIZAÇÃO: Sim Não

AMOSTRAS

4 - Análises requeridas

ANÁLISES REQUERIDAS	PREÇO (€) *	
Análise Sumária (AS): pH (H ₂ O); Matéria Orgânica; Fósforo e Potássio assimiláveis; Textura Manual	7,00	
A.S. + pH (KCl)	11,00	
A.S. + Nec. Cal + Magnésio de troca	11,00	
A.S. + Nec. Cal + Condutividade Eléctrica (C.E.) + Magnésio de troca	14,00	
A.S. + Nec. Cal + Magnésio de troca + Boro	15,00	
A.S. + Nec. Cal + Cálcio e Magnésio de troca	15,00	
A.S. + Nec. Cal + Cálcio e Magnésio de troca + Boro	19,00	
A.S. + Nec. Cal + C.E. + Cálcio e Magnésio de troca	22,00	
A.S. + Nec. Cal + C.E. + Bases de Troca (Cálcio, Magnésio, Sódio e Potássio) + Capacidade de troca catiónica + Boro	45,00	
A.S. + Nec. Cal + Magnésio de troca + Boro + Ferro, Manganés, Zinco e Cobre	37,00	
A.S. + Micro-elementos (Cu, Fe, Zn, Mn, Cr e Pb)	35,00	
A.S. + Micro-elementos (Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Cd, Ni e Pb)	45,00	
A.S. + Carbonatos	13,00	
A.S. + Calcário activo	16,00	
Azoto total com um dos programas anteriores	7,00	
Outras [†] :	†	

* - Os preços indicados referem-se ao custo por amostra, sem iva à taxa em vigor.

† - Consultar tabela para consulta das análises disponíveis.

Data:

O Requerente:

Anexo III - Tabela de análise granulométrica (Amostras de solos do campo de erosão)

N.º da Amostra	Análise Granulométrica					Classe de Textura
	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	
T1	57,1	24,4	81,5	9,8	8,7	Franco-arenoso
T2	49,0	30,6	79,6	11,2	9,1	Franco-arenoso
T3	52,4	26,0	78,3	10,8	10,8	Franco-arenoso
T4	55,5	26,3	81,8	9,3	8,9	Franco-arenoso
T5	49,8	29,0	78,8	11,5	9,8	Franco-arenoso
T6	56,7	22,4	79,1	11,1	9,8	Franco-arenoso
T7	48,1	29,2	77,3	12,1	10,6	Franco-arenoso
T8	55,5	25,1	80,5	10,2	9,3	Franco-arenoso
T9	54,0	26,1	80,1	10,2	9,7	Franco-arenoso
T10	56,9	25,8	82,8	8,3	8,9	Franco-arenoso
T11	45,3	34,5	79,8	9,5	10,7	Franco-arenoso
T12	46,4	31,5	78,0	11,1	11,0	Franco-arenoso
T13	52,6	27,7	80,3	10,6	9,1	Franco-arenoso
T14	55,3	24,4	79,7	10,3	10,0	Franco-arenoso
T15	50,8	31,0	81,9	8,1	10,0	Franco-arenoso
T16	52,0	26,2	78,2	11,6	10,3	Franco-arenoso
T17	43,6	36,5	80,1	10,6	9,4	Franco-arenoso
T18	46,3	36,3	82,6	7,0	10,4	Franco-arenoso
Média	51,5	28,5		10,2	9,8	
dp	4,20	4,04		1,30	0,70	

Anexo IV - Boletim analítico (Amostra Guiné)



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

LABORATÓRIO DE SOLOS E FERTILIDADE
BOLETIM ANALÍTICO DE AMOSTRAS DE SOLOS

Entidade Requerente:	ESACB
Nº Contribuinte:	
Nome do Proprietário:	Bartolomeu da Silva Imbeni (Estágio CTesP Produção Agrícola)
Nº Contribuinte:	
Morada:	
Cod. Postal:	

Data de Entrada:	08/05/2019
Data de Saída:	19/07/2019
Lugar: --	

PARÂMETROS	Nº da amostra	40856	
	Parcela		
Humidade		%	
Terra Fina			
Areia Grossa		%	
Areia fina		%	
Limo		%	
Argila		%	
Classe de Textura			
Textura Manual ¹ , ⁴			Média
pH (H ₂ O)			5,6 Pco A
pH (KCl)			
Matéria Orgânica ^{*4}		%	3,34 M
Fósforo "assimilável"	P ₂ O ₅	mg.kg ⁻¹	8 M.B
Potássio "assimilável"	K ₂ O	mg.kg ⁻¹	58 M
Condutividade eléctrica		dS.m ⁻¹	0,06 N.S
Azoto Total (na M.S)	N-Total	g.kg ⁻¹	1,30 A
Azoto Amoniacal	N-NH ₄ ⁺	g.kg ⁻¹	
Nitratos	N-NO ₃ ⁻	g.kg ⁻¹	
Cloretos	Cl ⁻	%	
Ferro Total	Fe	%	
Manganês Total	Mn	mg.kg ⁻¹	
Zinco Total	Zn	mg.kg ⁻¹	
Cobre Total	Cu	mg.kg ⁻¹	
Crómio Total	Cr	mg.kg ⁻¹	
Níquel Total	Ni	mg.kg ⁻¹	
Chumbo Total	Pb	mg.kg ⁻¹	
Cádmio Total	Cd	mg.kg ⁻¹	
Fósforo Total	P	%	
Acidez de Troca ^{2,3}			
Necessidade em Calcário		ton/ha	
Bases de troca			
Cálcio	Ca ²⁺	mg.kg ⁻¹	
Magnésio	Mg ²⁺	mg.kg ⁻¹	
Potássio	K ⁺	mg.kg ⁻¹	
Sódio	Na ⁺	mg.kg ⁻¹	
Relação Ca ²⁺ /Mg ²⁺			
Boro (na M.S)	B	mg.kg ⁻¹	0,30 B

Notas:

M.Ac = Muito Ácido; Ac = Ácido; P.Ac = Pouco Ácido; N = Neutro; P.Al = Pouco Alcalino; Al = Alcalino; M.Al = Muito Alcalino; M.B = Muito Baixo; B = Baixo; M = Médio; A = Alto; M. A = Muito Alto; N.S = Não Salino

¹ Grosseira – Arenosa, Areno-Franco, Franco-Arenosa

Média – Franca, Franco-Limosa, Franco-Argilo-Arenosa, Limosa

Fina – Franco-Argilosa, Franca Argilo Limosa, Argilo-Arenosa, Argilo-Limosa, ou Argilosa

² – Não é necessário avaliar a necessidade em cal, quando o pH é > a 6,6

³ – Não deve incorporar no solo valores superiores a 5 ton/ha de calcário numa só aplicação

⁴ – Por apresentar teores de M.O superiores a 5%, não é determinada a textura, nem classificado em M.O

Castelo Branco, 30 de julho de 2019

Responsável do Laboratório



Prof. Doutora Maria do Carmo Horta

(A representatividade das amostras, não é da responsabilidade do SF da ESACB, porque a amostragem não é da sua competência.)

Mod.ESACB.LB.00.00

Página 1 de 2

PARÂMETROS	UNIDADES	MÉTODO ANALÍTICO
Análise Granulométrica (Areia Grossa, Areia Fina, Limo e Argila)	%	Método da Pipeta de Robinson
Humidade	%	Norma ISO 11465:1993 – Método Gravimétrico
Terra Fina	%	Norma ISO 11465:1993 – Método Gravimétrico
Textura Manual		
pH (H ₂ O e KCl)		Norma ISO 10390:2005 – Potenciometria (em suspensão 1:2,5)
Matéria Orgânica	%	Método de Walkley e Black (Modificado)
Fósforo "assimilável"	mg.kg ⁻¹	Método de Égner et al (1960)
Potássio "assimilável"	mg.kg ⁻¹	Método de Égner et al (1960)
Condutividade eléctrica	dS.m ⁻¹	Método Interno (Condutímetro, em suspensão 1:2)
Azoto Total	g.kg ⁻¹	Método de Kjeldahl (Modificado)
Azoto Amoniacal	g.kg ⁻¹	Método de Kjeldahl (Modificado)
Nitratos	g.kg ⁻¹	Método de Kjeldahl (Modificado)
Cloretos	%	Método de Mohr
Metais Pesados: Zinco, Cobre, Crómio, Cádmio, Níquel e Chumbo	mg.kg ⁻¹	Norma ISO 11466:2005 (Extracção por Água Régia) e Doseamento por Espectrofotometria de Absorção Atómica
Acidez Total (Necessidade em Calcário)	ton/ha	Método de extracção com Cloreto de Potássio e doseamento por colorimetria
Bases de troca: Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio	mg.kg ⁻¹	Método do Acetato de Amónio tamponizado a pH = 7,0 (Extracção) e doseamento por Espectrofotometria de Absorção Atómica
Boro	mg.kg ⁻¹	Método de extracção por água fervente e doseamento por colorimetria

Tabela com a relação Ca/Mg mais favorável à nutrição das plantas em Mg e seu efeito sobre algumas propriedades físicas do solo

Classificação	Relação Ca/Mg	Apreciação
Muito Baixa	< 1,5	Muito desfavorável para as propriedades físicas do solo
Baixa	1,6-2,5	Desfavorável para as propriedades físicas do solo
Média	2,6-4,0	Adequada
Alta	4,1-8,0	Desfavorável para a nutrição da planta em Mg
Muito Alta	> 8,0	Muito desfavorável para a nutrição da planta em Mg